

東京大学の田中雅明教授、東北大学の前川禎通教授、および米国マイアミ大学の S. E. Barnes 教授の共同研究グループは、静磁場により起電力が発生する「スピン起電力」の存在を世界で初めて実証したと発表した。強磁性体であるマンガンヒ素 (MnAs) のナノ粒子を電極とする磁気トンネルデバイスを作製し、10k ガウスの静磁場を 3K の極低温で印加することで起電力の発生を観測した。この研究は、2007 年に Barnes 教授と前川教授が提唱したスピン起電力の理論を実験的に証明しようとしたものであり、今後、他の研究者の追試によって、理論および実験の正当性が議論されていくものと考えられる。

トピックス 3 電気・磁気変換の新しい原理であるスピン起電力を実証

東京大学大学院工学系研究科の田中雅明教授、東北大学金属材料研究所の前川禎通教授、および米国マイアミ大学物理学科の S. E. Barnes 教授の共同研究グループは、強磁性ナノ粒子を含む磁気トンネルデバイス^{注)}において、静磁場により起電力が発生する「スピン起電力」の存在を世界で初めて実験的に実証したと発表した^{1, 2)}。この研究は、強磁性体であるマンガンヒ素 (MnAs) のナノ粒子を電極とする磁気トンネルデバイスを作製し、これに一定の大きさの静磁場を印加して起電力の発生を観測することに成功したもので、磁場の時間的変化が起電力をもたらすというファラデーの電磁誘導の法則では十分に理解できない実験結果が示された。

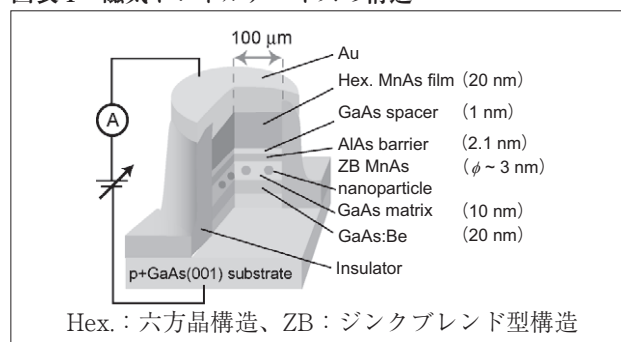
同研究グループは、マンガン (Mn) やヒ素 (As)、ガリウム (Ga) などを材料にして図表 1 のような磁気トンネルデバイスを作製し、3K の極低温かつ 10k ガウスの静磁場下で電流電圧特性 (I-V 特性) を測定した (図表 2)。素子に静磁場を印加した時には、I-V 特性は原点を通らず、電流が 0mA であっても 21mV の電圧が発生している。これが今回初めて観測されたスピン起電力である。スピン起電力は、図表 1 中の ZB MnAs ナノ粒子を含む GaAs matrix 層で生成される。これを観測するため、Hex.MnAs film 層 (強磁性体) と AlAs 層 (絶縁体) および MnAs ナノ粒子 (強磁性体) で磁気トンネル接合を作製した^{注)}。

スピン起電力を利用すると、磁場の時間的変化がなくても起電力が生じるため、将来的には新しいタイプの電池や超高感度磁気センサーとしての応用が期待できる。ただし、実験時の温度は約 3K と低いため、今後は室温でも同様の現象を示すような素子の開発が必要になる。

スピン起電力については、すでに Barnes 教授と前川教授が 2007 年に提唱した理論があり³⁾、今回の

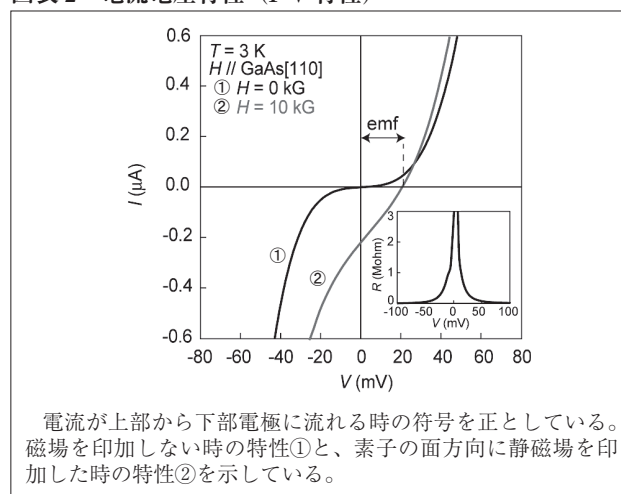
研究はこの理論を実験的に証明しようとしたものである。今後、他の研究者の追試によって、理論および実験の正当性が議論されていくものと考えられる。

図表 1 磁気トンネルデバイスの構造



出典: 参考文献²⁾

図表 2 電流電圧特性 (I-V 特性)



出典: 参考文献²⁾

注: 強磁性電極/トンネル障壁/強磁性電極の3層構造からなるトンネルデバイス。

参 考

- 1) Pham Nam Hai et al., "Electromotive force and huge magnetoresistance in magnetic tunnel junctions" Nature, Vol. 458, 489-492 (2009)
- 2) 東北大学プレスリリース (2009 年 3 月 5 日): 電気・磁気変換の新原理「スピン起電力」の実現に成功
- 3) S. E. Barnes and S. Maekawa, "Generalization of Faraday's Law to include nonconservative spin forces" Phys. Rev. Lett., Vol. 98(24), 246601 (2007)